

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-304280

(P2003-304280A)

(43) 公開日 平成15年10月24日 (2003. 10. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テーマコード(参考)
H04L 12/56	100	H04L 12/56	100Z 5B046
G06F 17/50	650	G06F 17/50	650A 5K030
G06N 3/00	550	G06N 3/00	550C
3/12		3/12	

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-107243(P2002-107243)

(22) 出願日 平成14年4月10日 (2002. 4. 10)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 曾我 健二

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

Fターム(参考) 5B046 AA00

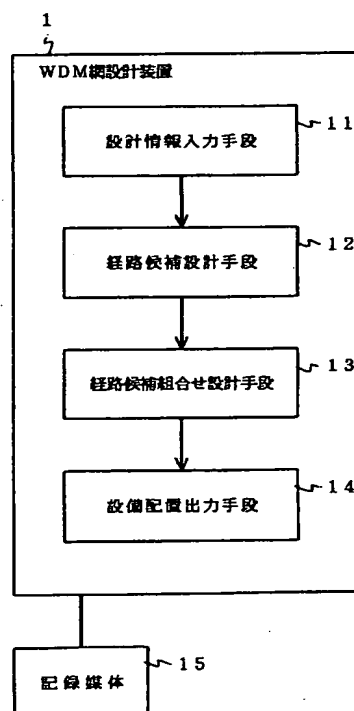
5K030 GA19 HA08 LA17 LB05

(54) 【発明の名称】 WDM網設計装置及びそれに用いるWDM網設計方法並びにそのプログラム

(57) 【要約】

【課題】 大規模な問題でもより最適な組合せを高速に設計可能なWDM網設計装置を提供する。

【解決手段】 設計情報入力手段11には配置可能な設備候補の情報、予測デマンド及び設計パラメータの入力が行われる。経路候補設計手段12はその入力された情報を基に、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計する。経路候補組合せ設計手段13は安価なWDM網を構築することができるように、遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計手段12で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する。設備配置出力手段14は経路候補組合せ設計手段13で選択された経路の組合せを収容する設備配置を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成する経路候補設計手段と、前記遺伝子配列に対して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する経路候補組合せ設計手段とを有することを特徴とするWDM網設計装置。

【請求項2】 配置可能な設備候補の情報、予測デマンド及び設計パラメータの入力を行う設計情報入力手段を含むことを特徴とする請求項1記載のWDM網設計装置。

【請求項3】 前記経路候補組合せ設計手段で選択された経路の組合せを収容する設備配置を出力する設備配置出力手段を含むことを特徴とする請求項1または請求項2記載のWDM網設計装置。

【請求項4】 前記遺伝的アルゴリズムにおいて、個体の評価値としてネットワークのコストを利用することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか記載のWDM網設計装置。

【請求項5】 前記経路候補設計手段は、前記経路の候補として現用及び予備の2経路を組で設計することを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか記載のWDM網設計装置。

【請求項6】 配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成するステップと、前記遺伝子配列に対して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択するステップとを有することを特徴とするWDM網設計方法。

【請求項7】 配置可能な設備候補の情報、予測デマンド及び設計パラメータの入力を行うステップを含むことを特徴とする請求項6記載のWDM網設計方法。

【請求項8】 前記適切な経路の組合せを選択するステップで選択された経路の組合せを収容する設備配置を出力するステップを含むことを特徴とする請求項6または請求項7記載のWDM網設計方法。

【請求項9】 前記遺伝的アルゴリズムにおいて、個体の評価値としてネットワークのコストを利用することを特徴とする請求項6から請求項8のいずれか記載のWDM網設計方法。

【請求項10】 前記遺伝子配列を生成するステップは、前記経路の候補として現用及び予備の2経路を組で設計することを特徴とする請求項6から請求項9のいずれか記載のWDM網設計方法。

【請求項11】 コンピュータに、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成する処理と、前記遺伝子配列に対

して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する処理とを実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はWDM網設計装置及びそれに用いるWDM網設計方法並びにそのプログラムに関し、特にパスの経路設計の方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、パスの経路設計方式としては、特開平7-250356号公報に開示されているように、経路収容数を最小となるような経路を光パスの経路に設定する方法（以下、第1の従来技術とする）がある。

【0003】上記のようなパスの経路設計を行うと、パスが1ヶ所に偏ることなく分散して収容されるため、既存設備にパスを収容しようとする場合には、必要な波長数が削減され、より多くのパスを収容することができ

る。

【0004】また、特開平7-202844号公報には、経路候補を複数作成し、それらの経路の最適な組合せを求める方法（以下、第2の従来技術とする）が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のパスの経路設計方式では、第1の従来技術を用いる場合、新規に設備を投入し、ネットワークを構築しようとする、投入する設備が分散して配備され、より多くの設備が必要となり、経済的ではない。

【0006】また、第2の従来技術を用いる場合には、経路をランダムに組合せているため、繰り返し回数を多くしなければ最適により近い解にならず、設計時間が非常に長く掛かるという問題がある。

【0007】そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、大規模な問題でもより最適な組合せを高速に設計することができるWDM網設計装置及びそれに用いるWDM網設計方法並びにそのプログラムを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によるWDM網設計装置は、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成する経路候補設計手段と、前記遺伝子配列に対して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する経路候補組合せ設計手段とを備えている。

【0009】本発明によるWDM網設計方法は、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成するステップと、前

記遺伝子配列に対して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択するステップとを備えている。

【0010】本発明によるWDM網設計方法のプログラムは、コンピュータに、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成する処理と、前記遺伝子配列に対して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する処理とを実行させている。

【0011】すなわち、本発明のWDM網設計装置は、予測デマンドを収容するにあたり、安価なWDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 網を設計可能な構成を提供するものである。

【0012】より具体的に説明すると、本発明のWDM網設計装置では、設計情報入力で配置可能な設備候補の情報、予測デマンド及び設計パラメータの入力を行い、経路候補設計で配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計し、経路候補組合せ設計で安価なWDM網を構築可能なように、遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択している。尚、経路候補組合せ設計で選択された経路の組合せを収容する設備配置は設備配置出力から出力される。

【0013】このように、本発明のWDM網設計装置では、経路候補設計で複数の経路の候補を設計し、経路候補組合せ設計で最適な経路の組合せを選択するので、安価な設備配置によるWDM網を設計することが可能となる。

【0014】また、経路候補組合せ設計は組合せ問題を解くことになるが、遺伝的アルゴリズムを利用することで、大きなトポロジにおいても比較的良い解が比較的高速に発見可能である。

【0015】ここで、遺伝的アルゴリズムとは、生物の進化過程にヒントを得た遺伝的操作 (genetic operation) を使って、与えられた問題に対する最適解を求める手法である。そこで、本発明では、遺伝子配列の生成を可能とすることで、遺伝的アルゴリズムを利用可能とし、最適解の発見の高速化を図っている。

【0016】

【発明の実施の形態】次に、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施例によるWDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 網設計装置の構成を示すブロック図である。図1において、WDM網設計装置1は主にコンピュータで構成され、設計情報

入力手段11と、経路候補設計手段12と、経路候補組合せ設計手段13と、設備配置出力手段14と、記録媒体15とを備えている。これら各手段はコンピュータが記録媒体15のプログラムを実行することで実現される。

【0017】設計情報入力手段11には配置可能な設備候補の情報、予測デマンド及び設計パラメータの入力が行われる。経路候補設計手段12はその入力された情報を基に、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計する。

【0018】経路候補組合せ設計手段13は安価なWDM網を構築することができるよう、遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計手段12で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する。設備配置出力手段14は経路候補組合せ設計手段13で選択された経路の組合せを収容する設備配置を出力する。

【0019】ここで、遺伝的アルゴリズムとは、生物の進化過程にヒントを得た遺伝的操作 (genetic operation) を使って、与えられた問題に対する最適解を求める手法である。

【0020】この遺伝的アルゴリズムを用いることで、どれ程複雑な問題に対しても、原理的には最適あるいは最適に近い解が得られるため、計画問題を中心に多くの応用研究が進められており、実用化されたシステムもある。また、遺伝的アルゴリズムではアルゴリズムが並列処理に適することから、超並列コンピュータを利用することも多い。

【0021】遺伝的アルゴリズムでは、(1) 解候補 (個体と呼ぶ) の集団を生成し、(2) それぞれの個体について適応度を評価し、(3) 評価値の高い個体を選択し、(4) それらに対して交叉 (crossover)、突然変異 (mutation) 等の操作を加えて次の世代の個体集団を生成する。

【0022】上記の(2)～(4)の操作を繰返して世代を重ねることで、適応度の高い個体が増えていくと同時に、より最適解に近い個体が現れる確率も高くなっていく。このようにして、評価値がある値に達した時の解が求める最適値となる。

【0023】上記の各個体は染色体 (chromosome) 上に1次元的に並んだ遺伝子 (gene) の列として表現する。上記の交叉とは染色体を途中で切断し、切断した部分に他の染色体の一部を接続する操作である。これに対し、突然変異とは文字列中の一部を別の文字で置換えることである。

【0024】図2は本発明の一実施例によるWDM網設計装置1の動作を示すフローチャートであり、図3は図1の経路候補組合せ設計手段13の動作を示すフローチャートである。これら図1～図3を参照して本発明の一実施例によるWDM網設計装置1の動作について説明する。図2及び図3に示す処理はコンピュータが記録媒体

15のプログラムを実行することで実現される。

【0025】設計情報入力手段11では、設計する設備配置候補リスト、予測デマンドリスト及び設計パラメータが入力される(図2ステップS1)。設備配置候補リストはノード間を結ぶ際に配置可能なリンクを列挙したものである。リンクは多重することができる波長数の最大値(最大多重数)と、配置に要するコスト(配置コスト)とを属性に持つ。

【0026】予測デマンドリストは発生が予測されるデマンドのリストである。また、設計パラメータとしては、目標コスト、最大経路候補数、世代当たりの個体数、設計世代数、世代当たりの交叉数、世代当たりの突然変異数、突然変異率(=遺伝子配列の1要素当たりの値を変更する確率)が与えられる。

【0027】経路候補設計手段12では、本願出願人から提案されている「最小コスト経路探索装置及びそれに用いる最小コスト経路探索方法」等を用いて予測デマンドの両端を結ぶ経路を最大n本(nは正の整数)設計する(図2ステップS2)。

【0028】続いて、経路候補組合せ設計手段13では遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計手段12で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択する(図2ステップS3)。

【0029】この動作を詳細に説明すると、まず経路候補組合せ設計手段13は遺伝的アルゴリズムの第1世代の個体として、世代当たりの個体数の個体を生成する(第1世代集団生成)(図3ステップS11)。

【0030】経路候補組合せ設計手段13は各個体の評価値として設備配置コストを算出する(評価)(図3ステップS12)。最優秀の評価値(ここでは設備配置コストが最小)を持つ個体の評価値が目標コストを下回っている場合、あるいは世代数が設計世代数を超えた場合には経路候補組合せ設計手段13の処理を終了とし、設備配置出力手段14の処理に進む。

【0031】この評価において終了条件を満足しなければ、経路候補組合せ設計手段13は各個体の評価値を比較し、優秀でない個体、すなわち評価値の高い個体を削除し、世代当たりの個体数のみを残す(選択)(図3ステップS13)。

【0032】経路候補組合せ設計手段13は上記の選択の処理で残った個体の中から任意の2個体を選択し、遺伝子配列の交叉を行う(交叉)(図3ステップS14)。この処理は世代当たりの交叉数だけ行われる。

【0033】経路候補組合せ設計手段13は上記の選択の処理で残った個体の中から任意の1個体を選択し、突然変異を行う(突然変異)(図3ステップS15)。突然変異の処理では遺伝子配列の各要素に対して、予め設定された変異確率によって要素の値をランダムに変更する。この処理は世代当たりの突然変異数だけ行われる。

【0034】経路候補組合せ設計手段13は選択の処理で残った個体、交叉の処理で生成された個体と、突然変異の処理で生成された個体を加えた集合を、次の世代の個体集合とし、上記の評価の処理を再実行する。

【0035】最後に、設備配置出力手段14では、経路候補組合せ設計手段13の処理が終了した時点で評価値が最も良い個体による設備配置を出力し(図2ステップS4)、WDM網の設計を終了する。

【0036】図4は本発明の一実施例によるトポロジの例を示す図であり、図5は図4のトポロジ上でのリンクの配置候補を示す図であり、図6及び図7は図4のトポロジ上で予測されるデマンドの例を示す図である。

【0037】また、図8は図1の経路候補組合せ設計手段13の交叉の処理を示すフローチャートであり、図9は図1の経路候補組合せ設計手段13の突然変異の処理を示すフローチャートである。これら図1～図9を参照して本発明の一実施例によるWDM網設計の処理について具体的に説明する。図8及び図9に示す処理はコンピュータが記録媒体15のプログラムを実行することで実現される。

【0038】図4では、ノードA～Dを波長多重装置(WDM)を両端に備えたリンクで接続するトポロジを構築しようとしている。ここで、ノードA～D間を直接接続するリンクの配置候補を図5に示すように仮定している。

【0039】リンクの配置候補には、そのリンクに多重できる波長数の最大値およびリンクの配置コストを設定する。つまり、配置候補「A-C間リンク」は最大多重数が「4」、配置コストが「3」であり、配置候補「A-D間リンク」は最大多重数が「4」、配置コストが「3」であり、配置候補「B-C間リンク」は最大多重数が「4」、配置コストが「2」であり、配置候補「C-D間リンク」は最大多重数が「4」、配置コストが「2」である。

【0040】また、図4に示すトポロジ上で予測されるデマンドの例を図6に示すように、ノードA-ノードB間、ノードA-ノードD間、ノードB-ノードD間と仮定している。図5及び図6に示す内容と、設計パラメータとが設計情報入力手段11の入力となる。

【0041】次に、経路候補設計手段12は図6に示す予測デマンドのそれぞれに対し、図5に示すリンクの配置候補を利用して複数の経路候補を設計する。ここでは最大経路候補数を2として、各デマンドに経路候補を2本ずつ設計した場合の経路候補の設計結果の例を図7に示す。

【0042】経路候補組合せ設計手段13は第1世代集団生成の処理(図3ステップS11)において、遺伝的アルゴリズムの個体を生成する。各個体の遺伝子配列としては予測デマンド数だけの要素をもつ配列を用意する。この例では、図7に示すように、予測デマンドが3

個存在するので、要素を3つ持つ配列を用意する。

【0043】第1要素には予測デマンド番号「1」のA-B間のデマンドの経路候補番号を値として持つ。予測デマンド番号「1」のデマンドには経路候補が「A-C-B」, 「A-D-C-B」の2つが経路候補設計手段12で設計されているので、1, 2の値のいずれかをランダムで利用する。ここでは、経路候補#1 (A-C-B) が選ばれたとして、第1要素の値を「1」とする。

【0044】同様に、予測デマンド番号「2」のA-D間のデマンドには経路候補#2 (A-C-D) が、予測デマンド番号「3」のB-D間のデマンドには経路候補#1 (B-C-D) が選ばれたとすると、この個体の遺伝子配列は[1, 2, 1]となる。

【0045】このように、経路候補組合せ設計手段13では遺伝子配列の値をランダムに決定しながら世代当たりの個体数だけの個体を生成し、これらの個体集合を第1世代とする。

【0046】経路候補組合せ設計手段13は評価の処理(図3ステップS12)において、各個体の評価値として、設備配置コストを算出する。例えば、遺伝子配列[1, 2, 1]を持つ個体の設備配置コストは、以下の通りとなる。

【0047】第1要素の値が「1」であることから、予測デマンド(A-B)に対して経路(A-C-B)が選択されている。したがって、この予測デマンド(A-B)を収容するにはA-C間リンク及びB-C間リンクの配置が必要となり、それらの配置コストの合計は、3+2=5となる。

【0048】第2要素の値が「2」であることから、予測デマンド(A-D)に対して経路(A-C-D)が選択されている。A-C間には既にA-C間リンクが敷設しており、かつ利用しているデマンドが予測デマンド(A-B)だけなので、予測デマンド(A-D)を追加しても最大多重数の4よりも小さく、追加配置の必要はない。C-D間には既存のリンクが存在しないので、新たにC-D間リンクの配置が必要となり、その追加コストは2である。したがって、ここまでの配置コスト合計は、3+2+2=7である。

【0049】最後に、第3要素の値が「1」であることから、予測デマンド(B-D)に対して経路(B-C-D)が選択されている。この時、B-C間、C-D間にはともに既存のリンクが存在し、多重数にも余裕があるため、追加配置の必要はない。したがって、全体の配置コスト合計は、3+2+2=7となり、この値「7」が遺伝子配列[1, 2, 1]を持つ個体の評価値となる。

【0050】経路候補組合せ設計手段13は全ての個体の評価値を算出した後、終了条件を確認する。この世代の中の個体の最小の評価値がパラメータとして与えられた目標コストを下回っている場合には、経路候補組合せ設計手段13の処理を終了する。あるいは、今回の世代

数がパラメータとして与えられた設計世代数に達した場合も、経路候補組合せ設計手段13の処理を終了する。

【0051】経路候補組合せ設計手段13は選択の処理(図3ステップS13)において、評価の処理で算出された各個体の評価値に基づき、評価値の上位、すなわち値の小さい個体から順に、パラメータとして与えられた世代当たりの個体数分だけを選択し、その他の個体を削除する。

【0052】経路候補組合せ設計手段13は交叉の処理(図3ステップS14)において、選択の処理で選択された個体の中から2個体(親A, 親B)をランダムに選択し、その2個体を使って、新たに2個体(子A, 子B)を生成する。この交叉の処理は図8に示すようにして行われる。

【0053】経路候補組合せ設計手段13は交叉の処理において、まずマスク用配列を作成する(図8ステップS21)。配列長は各個体の遺伝子配列と同じで、各要素の値は「0」, 「1」のどちらかの値をランダムに設定する。また、経路候補組合せ設計手段13は選択の処理で選択された個体の中から2個体(親A, 親B)を選択する(図8ステップS22)。

【0054】次に、経路候補組合せ設計手段13は $n=1$ として(図8ステップS23)、子の遺伝子配列の第 n 要素をマスクの第 n 要素に基づいて決定していく(図8ステップS24)。

【0055】値が「1」の場合には、子Aの第 n 要素の値を親Aの第 n 要素からコピーし、子Bの第 n 要素の値を親Bの第 n 要素からコピーする(図8ステップS25)。値が「0」の場合には、子Aの第 n 要素の値を親Bの第 n 要素からコピーし、子Bの第 n 要素の値を親Aの第 n 要素からコピーする(図8ステップS26)。

【0056】経路候補組合せ設計手段13はこのステップS24~S26の操作を遺伝子配列の末端まで繰り返す(図8ステップS27, S28)、さらに、これらステップS21~S28の操作を、世代当たりの交叉数分だけ繰り返す(図8ステップS29)。

【0057】今回の例において、マスク用配列は長さが「3」であり、例として[1, 0, 1]となったとする。また、親Aの遺伝子配列を[1, 2, 1]、親Bの遺伝子配列を[2, 1, 1]とすると、子Aの第1要素はマスク用配列の第1要素の値が「1」であるので、親Aの第1要素の値「1」を採用する。第2要素はマスク用配列の第2要素の値が「0」であるので、親Bの第2要素の値「1」を採用する。同様に、第3要素の値は親Aの第3要素の値「1」となり、子Aの遺伝子配列は[1, 1, 1]となる。また同様に、子Bの遺伝子配列は[2, 2, 1]となる。

【0058】上記の交叉の操作によって、新たに「(世代当たりの交叉数)×2」の個体が生成される。

【0059】経路候補組合せ設計手段13は突然変異の

処理（図3ステップS15）において、選択の処理で選択された個体の中から1個体（親C）をランダムに選択し、その1個体を使って、新たに1個体（子C）を生成する。この突然変異の処理は図9に示すようにして行われる。

【0060】経路候補組合せ設計手段13は突然変異の処理において、まず選択の処理で選択された個体の中から1個体（親C）をランダムに選択し（図9ステップS31）、 $n=1$ として選択された個体（親C）の遺伝子配列を第 n 要素から操作する（図9ステップS32）。10

【0061】経路候補組合せ設計手段13はパラメータとして与えられた突然変異率に基づいて第 n 要素の値を変化させるかどうかを決定し（図9ステップS33）、変化させる場合には子Cの遺伝子配列の第 n 要素の値をランダムに決定する（図9ステップS34）。変化させない場合には、親Cの遺伝子配列の第 n 要素を子Cにそのままコピーする（図9ステップS35）。

【0062】経路候補組合せ設計手段13はこれらステップS33～S35の操作を親Cの遺伝子配列の末端まで繰り返し（図9ステップS36、S37）、さらにこれらステップS31～S37の操作を世代当たりの突然変異数分だけ繰り返す（図9ステップS38）。20

【0063】上記の突然変異の操作によって、新たに世代当たりの突然変異数の個体が生成される。

【0064】経路候補組合せ設計手段13は選択の処理で選択された個体に、交叉の処理で生成された個体及び突然変異の処理で生成された個体を加えた集合を次世代の個体集合として、再び評価の処理を行う。

【0065】設備配置出力手段14は経路候補組合せ設計手段13の処理が終了すると、評価値が最も良い個体30による設備配置を出力し（図2ステップS4）、WDM網の設計を終了する。

【0066】このように、本実施例では、予測デマンドの経路候補を複数設計し、設備配置コストが安価になるように経路候補から経路を選択することで、安価なWDM網を設計することができる。

【0067】また、経路候補組合せ設計手段13は組合せ問題を解くことになるが、第1世代集合生成の処理（図3ステップS11）で遺伝子配列の作成を実現することによって、以降のステップS12～S15に示す遺伝的アルゴリズムの仕組みを利用可能となっている。遺伝的アルゴリズムを使うことによって、大規模な問題でもより最適な組合せを高速に設計することができる。40

【0068】図10は本発明の他の実施例による経路候補設計手段の処理を示すフローチャートである。本発明の他の実施例によるWDM網設計装置は経路候補設計手段の処理動作が異なる以外は図1に示す本発明の一実施例によるWDM網設計装置1の構成と同様の構成となっているので、図1及び図10を参照して本発明の他の実施例の動作について説明する。図10に示す処理はコン50

ピュータが記録媒体15のプログラムを実行することで実現される。

【0069】経路候補設計手段12は、図10に示すように、現用経路と予備経路とをペアで設計することによって、予備経路まで考慮した設備配置の設計を行うことができる。

【0070】経路候補設計手段12は、まず各予測デマンドに対し、経路を最大 n 本ずつ設計する（図10ステップS41）。経路候補設計手段12はステップS41で設計された経路から1本を選び、その経路が利用したノード、リンクを削除して経路を設計する（図10ステップS42）。

【0071】ここで設計された経路は、選択された経路と同じノード、リンクを全く利用していないので、選択された経路に障害が発生した場合の迂回経路として利用することができる。そこで、経路候補設計手段12は選択された経路を現用経路、ここで設計された経路を予備経路として経路のペアを作成する。

【0072】経路候補設計手段12はステップS42で削除したノード、リンクを元に戻し（図10ステップS43）、最後にステップS41で設計した全ての経路の予備経路の設計が終了すれば（図10ステップS44）、経路候補設計を終了し、予備経路を未設計の経路が残っていれば、ステップS42に戻る。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、配置可能な設備候補を用いて予測デマンドを収容する経路の候補を複数設計して遺伝子配列を生成し、この遺伝子配列に対して遺伝的操作を行って与えられた問題に対する最適解を求める遺伝的アルゴリズムを用いて経路候補設計で設計された経路の候補から適切な経路の組合せを選択することによって、大規模な問題でもより最適な組合せを高速に設計することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるWDM網設計装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例によるWDM網設計装置の動作を示すフローチャートである。

【図3】図1の経路候補組合せ設計手段の動作を示すフローチャートである。40

【図4】本発明の一実施例によるトポロジの例を示す図である。

【図5】図4のトポロジ上でのリンクの配置候補を示す図である。

【図6】図4のトポロジ上で予測されるデマンドの例を示す図である。

【図7】図4のトポロジ上で予測されるデマンドの例を示す図である。

【図8】図1の経路候補組合せ設計手段の交叉の処理を示すフローチャートである。50

【図9】図1の経路候補組合せ設計手段の突然変異の処理を示すフローチャートである。

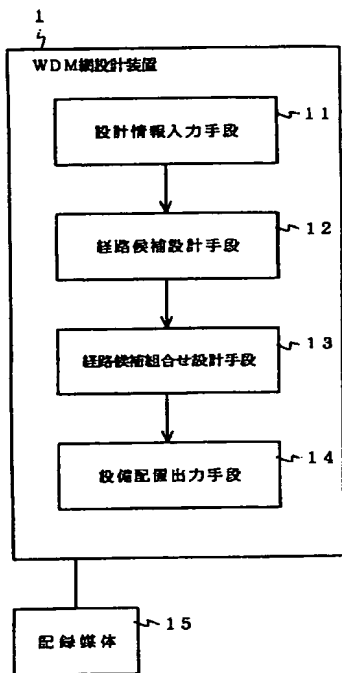
【図10】本発明の他の実施例による経路候補設計手段の処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

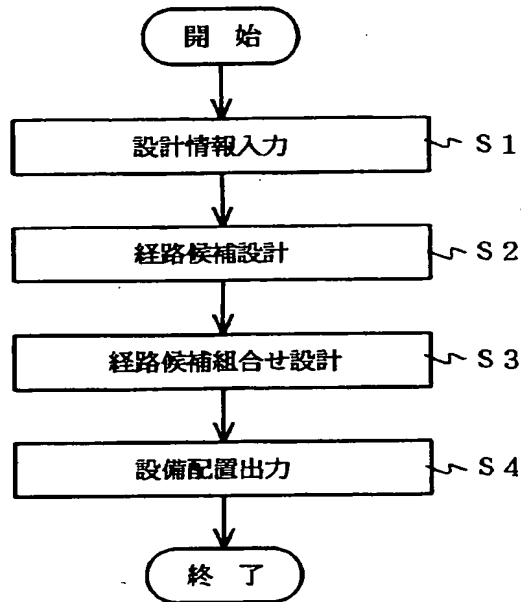
1 WDM網設計装置

- 11 設計情報入力手段
- 12 経路候補設計手段
- 13 経路候補組合せ設計手段
- 14 設備配置出力手段
- 15 記録媒体

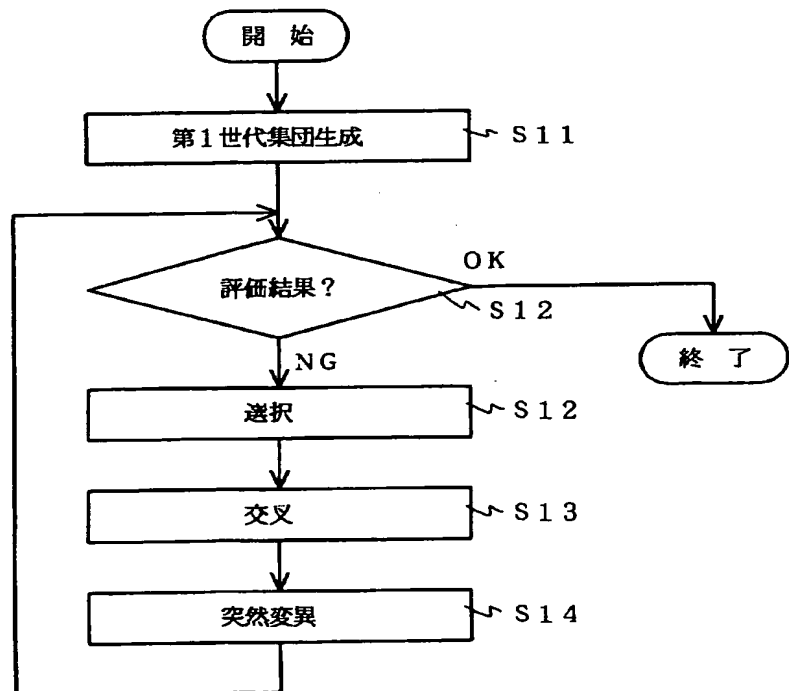
【図1】



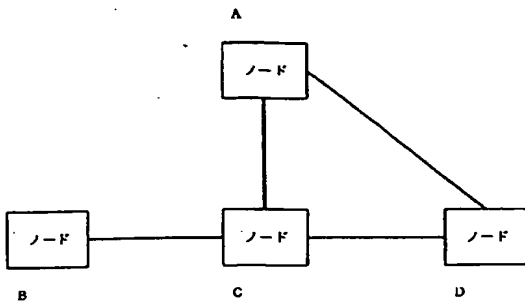
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

配置候補	最大多重数	配置コスト
A-C間リンク	4	3
A-D間リンク	4	3
B-C間リンク	4	2
C-D間リンク	4	2

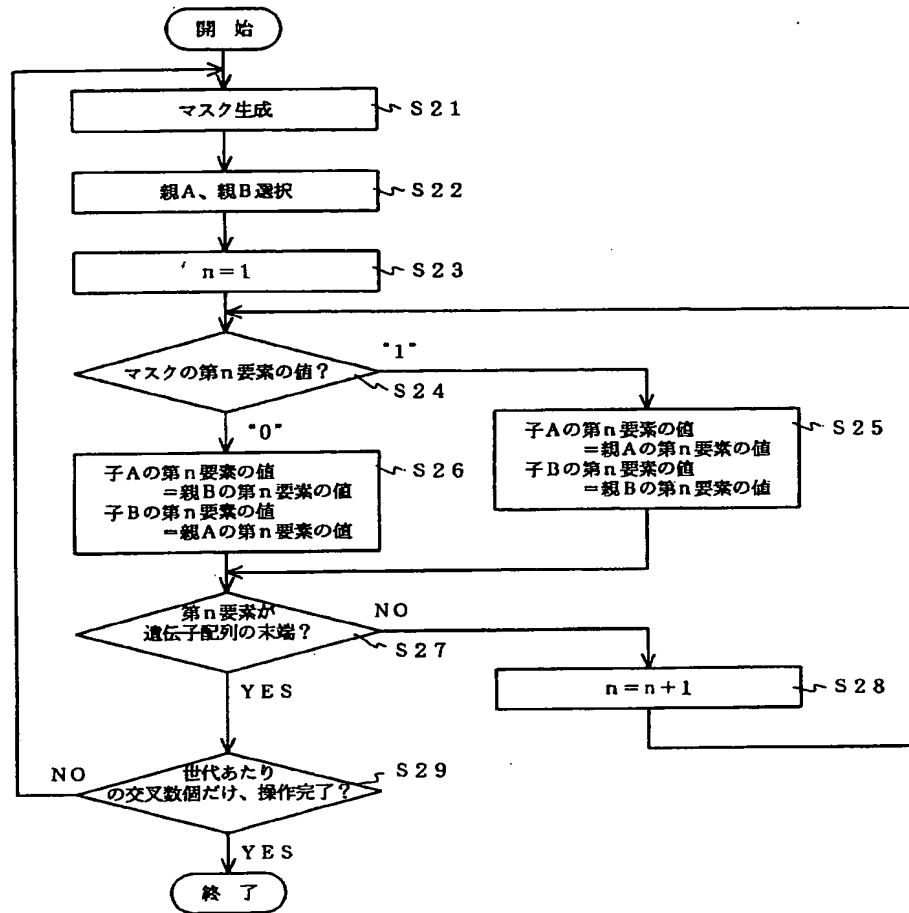
【図6】

番号	予測デマンド	経路候補 # 1	経路候補 # 2	経路候補 # 3
1	A-B				
2	A-D				
3	B-D				

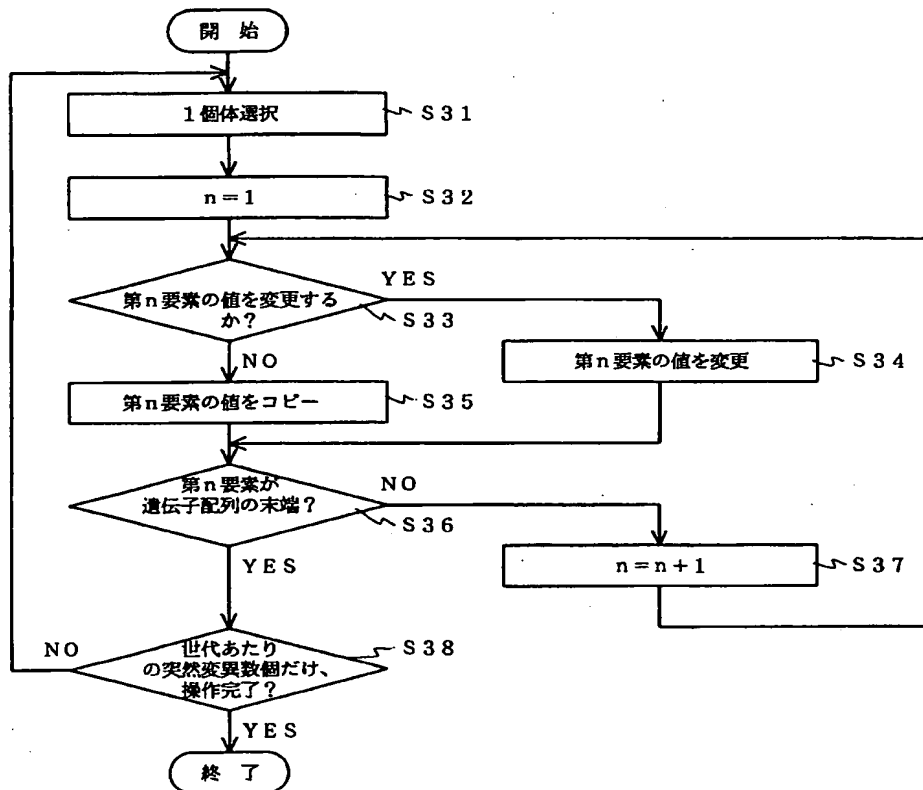
【図7】

番号	予測デマンド	経路候補 # 1	経路候補 # 2
1	A-B	A-C-B	A-D-C-B
2	A-D	A-D	A-C-D
3	B-D	B-C-D	B-C-A-D

【図8】



【図9】



【図10】

